

(19) 日本国特許庁 (J.P.)

(10) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 11-80902

(43) 公開日 平成 11 年 (1999) 3 月 26 日

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所	
C22C 38/00	302		C22C 38/00	302	Z
19/07			19/07		Z
27/06			27/06		
38/38			38/38		
38/58			38/58		

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願平 9-238420	(71) 出願人	000001199 株式会社神戸製鋼所 兵庫県神戸市中央区脇浜町 1 丁目 3 番 18 号
(22) 出願日	平成 9 年 (1997) 9 月 3 日	(72) 発明者	村上 昌吾 神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会 社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内
		(72) 発明者	奥田 隆成 神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会 社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内
		(72) 発明者	白石 幸弘 神戸市中央区脇浜町 1 丁目 3 番 18 号 株 式会社神戸製鋼所神戸本社内
		(74) 代理人	弁理士 明田 莞

(54) 【発明の名称】 耐高温エロージョン・コロージョン性に優れた高 Cr 合金および高 Cr 合金部材

(57) 【要約】

【課題】 使用温度が 500℃ 以上の耐高温エロージョン・コロージョン性に優れた、特にごみ焼却炉ボイラ用の高 Cr 合金および高 Cr 合金部材を提供する。

【解決手段】 高 Cr 合金および高 Cr 合金部材の合金の組成を、Cr:0.5~1.5%、Si:1.0~4.0%、Mn:0.5~2.0%、C:r:35~60%、必要により N:0.3~1.5% を含有し、残部 Co および/または Fe および不可避免的不純物からなり、かつ  $35 \leq Cr/C \leq 90$  とすることである。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 合金成分として、C:0.5 ～ 1.5%、Si:1.0 ～ 4.0%、Mn:0.5 ～ 2.0%、Cr:35 ～ 60% を含有し、残部 Co および Fe または Fe と不可避免的不純物からなり、かつ Cr 量と C 量との比が  $35 \leq \text{Cr}/\text{C} \leq 90$  であることを特徴とする耐高温エロージョン・コロージョン性に優れた高 Cr 合金。

【請求項 2】 合金成分として、更に Ni:3 ～ 15% を含有する請求項 1 に記載の耐高温エロージョン・コロージョン性に優れた高 Cr 合金。

【請求項 3】 前記高 Cr 合金がごみ焼却炉ボイラ用である請求項 1 または 2 に記載の耐高温エロージョン・コロージョン性に優れた高 Cr 合金。

【請求項 4】 前記ごみ焼却炉ボイラが流動床式ごみ焼却炉ボイラである請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の耐高温エロージョン・コロージョン性に優れた高 Cr 合金。

【請求項 5】 請求項 1 または 2 の高 Cr 合金を、鋼材の表面に被覆した耐高温エロージョン・コロージョン性に優れた高 Cr 合金部材。

【請求項 6】 前記鋼材が鋼管である請求項 5 に記載の耐高温エロージョン・コロージョン性に優れた高 Cr 合金部材。

【請求項 7】 前記部材がごみ焼却炉ボイラ用である請求項 5 または 6 に記載の耐高温エロージョン・コロージョン性に優れた高 Cr 合金部材。

【請求項 8】 前記ごみ焼却炉ボイラが流動床式ごみ焼却炉ボイラである請求項 7 に記載の耐高温エロージョン・コロージョン性に優れた高 Cr 合金部材。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、耐高温エロージョン・コロージョン性に優れた高 Cr 合金乃至高 Cr 合金部材に関し、特にごみ焼却炉ボイラ用に好適な耐高温エロージョン・コロージョン性に優れた高 Cr 合金乃至高 Cr 合金部材に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】都市ごみ焼却炉では、燃焼によって生じる廃熱をエネルギー源として有効利用するために、廃熱を熱源としたボイラを設置して、発電を行う例が多い。このごみ焼却炉ボイラのうちでも、特に流動床式ごみ焼却炉のボイラは、焼却炉内の流動層内に鋼管製の伝熱管を直接挿入して熱回収を行うので、焼却炉から出る排ガスから熱回収を行うよりも、エネルギー効率を格段に高くできる点で優れている。しかし、この流動床式ごみ焼却炉は、けい酸などの固体粒子を流動化させて形成した流動床乃至流動層の内部で、ごみの焼却を行う形式の焼却炉である。したがって、焼却炉の流動層内に直接挿入された伝熱管などのボイラ部材は、ごみの焼却に伴って発生する酸、ガスや溶融塩や灰塩および、または、酸、ガスや溶融塩や灰塩の存在によって、非常に過酷な高温腐食

(高温コロージョン)環境下にある。また、流動層内は、この高温コロージョンだけではなく、高温の流動砂が常に循環しており、特に流動砂の流速の大きい場合には、その流速の 2 ～ 3 乗に比例して、流動砂により伝熱管が激しい磨耗、即ち高温エロージョンを受ける。

【0003】したがって、このような用途に用いられる、ごみ焼却炉ボイラ用合金乃至伝熱管を含めたごみ焼却炉ボイラ用部材には、前記高温エロージョンおよび高温コロージョンの両方に対する耐磨耗性および耐食性(以下、耐高温エロージョン・コロージョン性と言う)を有することが必要である。

【0004】この耐高温エロージョン性や、耐高温コロージョン性を高めた合金は、従来から種々提案されている。例えば、特公昭 58-6779 号公報では、耐磨耗性および溶接性鉄-ニッケル-コバルトベース合金として、10% までの Mo、W、20 ～ 33%Cr、0.6 ～ 1.7%Si、0.9 ～ 1.5%C、1.0%以下 B を含む合金が提案されている。特公昭 64-7145 号公報では、耐磨耗性および耐食性ニッケルベース合金として、20 ～ 35%Cr、1 ～ 8%Si、1.7 ～ 3.5%C を含む M<sub>2</sub>C<sub>3</sub> 型の炭化物を形成させた Ni 合金が提案されている。特開昭 55-154542 号公報では、ニッケル-コバルト-クロム合金として、基本的に 20 ～ 47%Ni、6 ～ 35%Co、18 ～ 36%Cr、0.6 ～ 2.5%C、0.5 ～ 2.5%Si を含む Fe 合金が提案されている。また、特公平 2-36359 号公報では、6.0 ～ 14.0%Cr、0.8 ～ 2.4%B、0.5 ～ 5.0%Si、0.5 ～ 15%W、10 ～ 40%Co を含む Fe-Co 合金が提案されている。更に、特開昭 61-169174 号公報では、20% 以上の Cr を含有する Co 基合金の肉盛り層を備えたボイラ用部材が提案されている。また、特開昭 63-10097 号公報では、0.7 ～ 3.0%C、2%以下 Si、2%以下 Mn、23 ～ 32%Cr、1 ～ 7%W、3 ～ 6.5%V、3%以下 Ni、5%以下 Fe を含有する肉盛り用耐熱 Co 基合金が提案されている。また、特開平 1-273693 号公報では、0.01 ～ 0.50%C、0.1 ～ 2.0%Si、35 ～ 60%Cr、0.5 ～ 4.0%Al+Ti、0.01 ～ 0.2%N に加えて、更に Mn、V、Nb、Mo、W、Fe を含有する Ni 乃至 Co 基合金肉盛り溶接材料が提案されている。更に、特許第 2561567 号公報では、0.02 ～ 0.1%C、1 ～ 5%Si、5%以下 Mn、10 ～ 20%Cr、30 ～ 50%Ni、0.5 ～ 3%Mo、10 ～ 40%Co、0.5 ～ 5%W を含有するごみ焼却炉ボイラ用 Fe 合金が提案されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、近年、前記ごみ焼却に伴う廃熱を利用した発電の高効率化のために、ボイラ部材の使用温度は 800℃ 以上の高温になり、使用環境が、より過酷になっている。このため、このような環境下では、前記従来合金では後に詳述する通り、使用寿命が短いことが問題となっている。例えば、前記特許第 2561567 号公報のごみ焼却炉ボイラ用 Fe 合金は、蒸気温度で 800℃ まで使用可能、800℃ 以上は使用不可能であることが明記されている。したがって、使用温度が 800℃

0℃以上のより高温下での、耐高温エロージョン・コロージョン性に優れるごみ焼却炉ボイラ用合金乃至ボイラ用部材が求められていたが、この特性を有する合金が、今まで実用化されておらず、ごみ焼却炉ボイラの効率を高めることには限界があったというのが実情である。

【0006】本発明はこの様な事情に着目してなされたものであって、その目的は、使用温度が500℃以上の耐高温エロージョン・コロージョン性に優れた、特にごみ焼却炉ボイラ用の高Cr合金および高Cr合金部材を提供しようとするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するために、本発明の要旨は、高Cr合金の組成を、C:0.5～1.5%、Si:1.0～4.0%、Mn:0.5～2.0%、Cr:35～60%、必要によりNi:3～15%を含有し、残部Coおよび/またはFeおよび不可避免的不純物からなり、かつCr量とC量との比を $35 \leq Cr/C \leq 90$ とすることである。

【0008】また、この高Cr合金を、鋼材、特に熱伝達用鋼管などの表面に被覆した高Cr合金部材とすれば、耐高温エロージョン・コロージョン性に優れる、特にごみ焼却炉ボイラなどの用途の高Cr合金部材とすることができる。

【0009】本発明者らは、高Cr合金において、流動床式ごみ焼却炉ボイラにおける耐高温エロージョン・コロージョン性と、CおよびCrとの関係について鋭意検討した結果、耐高温エロージョン性および耐高温コロージョン性の両特性を満足するためには、Cr/Cの規定が重要であることを知見した。前記従来技術においても、CがCrなどととともにM<sub>1</sub>:C<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>:C<sub>2</sub>炭化物を形成して耐高温エロージョン性に効果があるとともに、Crが耐高温コロージョン性に効果があることは公知である。にも拘らず、このCとCrとを共に含有させた前記従来技術において、耐高温エロージョン・コロージョン性を満足することができなかったのは、以下の理由による。即ち、従来の高Cr合金のように耐高温エロージョン性を向上させるために、C含有量を0.5%以上と高くした場合、CとCrがM<sub>1</sub>:C<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>:C<sub>2</sub>炭化物を形成してCrが消費される。この際、元々のCr含有量が低いと、合金マトリックス中の、特に粒界に析出した前記炭化物に沿った部分(前記炭化物にCrが消費された部分)のCr量が他の部分よりも減少して、この炭化物に沿った部分の耐高温コロージョン性を確保するためのCrの絶対量が不足することになる。このため、特に粒界に析出した前記炭化物に沿った部分の粒界腐食が生じることになる。そして、この粒界腐食が生じた場合には、上記圧力を受け持つのに有効なボイラ部材の肉厚が減少することになり、実際にボイラ部材の肉厚を減らしたのと同じことになってしまい、ボイラ部材の寿命を著しく短めることとなる。

【0010】この現象を防止するためには、合金マトリックス中の、特に粒界に析出した前記炭化物に沿った部

分(前記炭化物にCrが消費された部分)のCr量を確保する必要がある。C含有量乃至CとCrが炭化物を形成してCrが消費される量に見合ったCr含有量が必要となる。したがって、本発明では、Cr含有量(35～60%)とともに、Cr量とC量との比Cr/Cを規定した( $35 \leq Cr/C \leq 90$ )。

【0011】例えば、前記特公昭64-7145号公報の合金では、C含有量が1.7%以上であるにも拘らず、Cr含有量が35%以下と低いために、Cr/Cは最高でも21程度しかなく、CとCrが形成する前記炭化物によって耐高温エロージョン性は優れるものの、特に粒界に析出した前記炭化物に沿った部分のCr量が不足して、この炭化物に沿った部分の耐高温コロージョン性が劣ることとなる。また、特開平1-273693号公報の合金では、逆に、Cr含有量は35%以上あるにも拘らず、C含有量が0.50%以下と低いためにCr/Cは最低でも70程度となり、Crによる耐高温コロージョン性は優れるものの、CとCrが形成する前記炭化物量が不足して、耐高温エロージョン性が劣ることとなる。また、特公平2-36359号公報では、Cr含有量自体が6.0～14.0%と低く、耐高温エロージョン性と耐高温コロージョン性の両方とも劣っている。

【0012】更に、前記CとCrとの関係に加えて、本発明者らは、Ni、Mo、Wのごみ焼却炉ボイラ用部材の使用環境における挙動について検討した。そして、この結果、ごみ焼却炉ボイラ用部材の500℃を越える高温域の溶融塩化物塩と溶融硫化物塩の混在した非常に過酷な腐食環境下では、これらの成分は、合金中に存在すると、却って合金の耐高温コロージョン性を阻害することを知見した。特にNiは、前記腐食環境下におけるSの濃度が高い場合には、著しく耐食性を劣化させる。したがって、本発明ではMo、Wを含まず、不純物レベル以下に規制するとともに、合金中のNiの量を適切に制御する。

【0013】この点、前記特公昭64-7145号公報の合金はNi基合金であり、特開昭55-154542号公報の合金では、ニッケル-コバルト-クロム合金としてNiを20～47%と多量に含み、また、特開昭63-10097号公報の合金では、Moを1～7%、Wを3～6.5%と多量に含んでいる。更に、特許第2561567号公報の合金でも、Niを30～50%、Moを0.5～3%、Wを0.5～5%含んでいる。したがって、前記ごみ焼却炉ボイラ用部材の500℃を越える高温域の溶融塩化物塩と溶融硫化物塩の混在した非常に過酷な腐食環境下では、これら従来技術の合金は、必然的に耐高温コロージョン性が劣ることとなる。

【0014】更に、本発明高Cr合金乃至高Cr合金部材の500℃を越える高温使用環境では、高Cr-F-C系合金で問題となるσ相の生成を防止する必要がある。この点、本発明では、CrとCとのバランスの適正化(Cr/C $\leq 90$ )と、σ相の生成を促進するFe、Wの規制によって、また更に、必要により最低限のNi含有(3～15%)によって、このσ相の生成を防止する。この点、Mo、Wを含む特公昭55-4719号公報、特公平0-36359号公報、

特開昭63-10097号公報、特許第3551367号公報、あるいはNi含有量も少ない乃至含有しない特開昭61-169174号公報の合金では、前記環境において $\sigma$ 脆化相が必然的に生成し、使用中の熱応力または高温エロージョンによって、合金材の割れの原因となるとともに、脆化によってCrが前記炭化物と同様に消費されるため、耐食性も劣化する。

【0015】

【発明の実施の形態】以下に、本発明高Cr合金における、C、Si、Mn、Cr、およびNiの量的範囲の意義について説明する。まず、CはCoおよび/またはFe合金マトリックス中で、Crと $M_1C_3$ 、 $M_2C_3$ 炭化物を形成して合金の耐高温エロージョン・コロージョン性を向上させる。この効果を発揮させるためには、Cの含有量が0.5%以上必要であるが、一方でCの含有量が1.5%を越えると、前記炭化物量が過剰となって、却って合金の脆化を招く。したがって、Cの含有量は0.5～1.5%の範囲とする。

【0016】Crは、Coおよび/またはFe合金マトリックス中で、Crと $M_1C_3$ 、 $M_2C_3$ 炭化物を形成して合金の耐高温エロージョン性を向上させる。Crが35%未満では、Cの含有量が低い場合でも、生成炭化物の絶対量が不足して、耐高温エロージョン性が不足する。またCrの含有量が60%を越えると、耐高温エロージョン性は却ってやや低下するとともに、前記炭化物量が過剰となって合金の脆化を招く。したがって、Cの含有量は35～60%の範囲とする。更に、前記した通り、耐高温エロージョン性を向上させるために、C含有量を高くした場合、CとCrが $M_1C_3$ 、 $M_2C_3$ 炭化物を形成してCrが消費されるが、この時Cr含有量が低いと、合金マトリックス中の、特に粒界に析出した前記炭化物に沿った部分のCr量が他の部分よりも減少して、この炭化物に沿った部分の耐高温コロージョン性を確保するためのCrの絶対量が不足することになる。これを防止し、合金マトリックス中の、特に粒界に析出した前記炭化物に沿った部分のCr量を確保するために、C含有量乃至CとCrが炭化物を形成してCrが消費される量に見合ったCr含有量として、Cr量とC量との比Cr/Cを35以上とする必要がある。また、一方Cの含有量が低く、Cr含有量が高い場合には、前記 $\sigma$ 脆化相が生成しやすくなり、合金の脆化が顕著になるので、この $\sigma$ 脆化相の生成を防止するために、Cr/Cの上限は90以下と規定する。したがって、Cr/Cは35～90の範囲とする。

【0017】Siは、使用中に合金表面に微細なサブスケールを形成することにより、合金の耐高温コロージョン性を向上させる。また、Co乃至Fe基合金溶製時の脱酸剤としても必要である。この効果を発揮させるためには、0.1%以上の含有が必要であるが、一方1%を越える含有は、前記 $\sigma$ 脆化相が生成しやすくなり、合金の脆化が顕著になる。したがって、Siの含有量は0.1～1%の範囲とする。

【0018】Moは、合金溶製時の脱酸および合金の高温

硬さを向上させ、耐高温エロージョン性を向上させるために有効である。この効果を発揮させるためには、0.5%以上の含有が必要であるが、一方2%を越える含有は合金の脆化を招く。したがって、Moの含有量は0.5～2%の範囲とする。

【0019】また、本発明高Cr合金の組成範囲において、C含有量を低くして、耐高温コロージョン性向上を重視した合金組成にした場合には、 $\sigma$ 脆化相が生成し合金が脆化しやすくなる可能性がある。したがって、この $\sigma$ 脆化相の生成を防止する必要がある場合には、Niを3～15%選択的に含有させることが好ましい。このNiの効果を発揮させるためには、3%以上のNiの含有が必要であるが、一方15%を越える含有は、前記した通り、Sによる腐食が激しい環境下では、合金の耐高温コロージョン性を劣化させる。したがって、Niを含有させる場合の含有量は3～15%の範囲とする。

【0020】本発明高Cr合金マトリックスを構成するCo乃至Feについて、Co基合金を選択した場合、Coの効果により、Fe基合金の場合よりも、耐高温エロージョン・コロージョン性は向上する。しかし、本発明高Cr合金では、前記C、Si、Mn、Cr、およびNiなどの成分調整により、Fe基合金としても、従来合金より耐高温エロージョン・コロージョン性は優れている。したがって、Coは高価であるので、コストと耐高温エロージョン・コロージョン性との兼ね合いで、即ち、例えばごみ焼却炉ボイラの耐高温エロージョン・コロージョン性の要求性能に応じて、Co基合金かFe基合金かを選択するとともに、CoとFeとを混合した合金とする場合には、CoとFeとの量的な割合を調整する。

【0021】更に、前記以外の成分については、本発明では基本的に不純物であり、できるだけ少ない方が好ましい。このうち、特にMo、Wは、前記した通り、本発明高Cr合金乃至高Cr合金部材の500℃を越える高温腐食環境下では、合金の耐食性を著しく劣化させるとともに、 $\sigma$ 脆化相の生成を促進する作用があるので、可能な限り低く抑えるべきである。

【0022】本発明高Cr合金の製造方法としては、公知の溶解、鑄造方法が使用可能であるが、その中でも合金の酸化を抑制しつつ、使用部材形状に近い形状（ニアネットシェイプ）に鑄造可能な方法が好ましい。具体的には、公知の真空溶解乃至不活性ガス雰囲気などの非酸化性雰囲気下で、本発明成分範囲内に合金を溶製し、鑄造のまま乃至必要に応じて加工を行い、直接ごみ焼却炉ボイラなどの部材に適用することが可能である。

【0023】ただ、前記低熱管など、加工率が高い成形加工が必要な形状乃至複雑な形状が必要な部材には、コストや部材への成形性などを考慮して、本発明高Cr合金を鋼管や鋼板などの鋼材の表面に被覆乃至外層を形成して、クラッド（複合）鋼管やクラッド鋼板などの高Cr合金部材とするのが好ましい。耐高温エロージョン・コ

ロージョン性は、基本的にごみ焼却炉ボイラの部材の表面部分の特性の問題であるので、前記高Cr合金部材としても、耐高温エロージョン・コロージョン性の効果は十分発揮できる。この本発明高Cr合金を鋼管や鋼板の表面に被覆乃至外層を形成し、高Cr合金部材を製造する方法は、溶射、実盛り溶接、粉末押出、遠心铸造+拡管などの公知の手法が適宜選択できる。なお、粉末押出法による場合は、鋼管や鋼板の周囲に本発明合金の粉末層を形成した複合ビレットを形成して押し出す。また、遠心铸造+拡管法による場合は、本発明高Cr合金を遠心铸造して外層を形成しておき、その中に鋼管（伝熱管用）を挿入して、マンドレルあるいは液圧などで拡管する。

【0024】

【実施例】表1に示す組成の本発明例高Cr合金および比較例合金を、真空溶解にて10kgのインゴットに溶製した。この铸造したままのインゴットから、外径20φ×厚さ10mmの試験片を切り出し、この試験片を用いて、ごみ焼却炉ボイラの模擬環境下で耐高温エロージョン・コロージョン性の試験を実施した。図1に試験装置の概略を模式的に示す。図1において、試験装置は、平均粒子サイズ500 μmのけい砂6を底部に堆積するとともに、模擬ガス5の吹き込み口4を上部に有する炉1と、この炉1を囲んで配置されて炉内を加熱するヒータ3a、3b、3c、および炉1の側面に設けられたモーター7と、モーター7から炉1内に挿入された回転軸8と、この回転軸8の先端に設けられた試験片2の固定治具9とからなる。図1の試験装置を用いた試験方法乃至条件は、炉1内の温度を600℃に加熱し（試験温度）、試験片2を5m/secの回転速度で回転させ、底部に堆積したけい砂6層と炉内とを順次連続的に、繰り返し通過暴露させながら、15%O-5%CO-2%H<sub>2</sub>O-2000ppmCO-1000ppmSO<sub>2</sub>-1000ppmHCl-残部N<sub>2</sub>の模擬ガス5を炉内に吹き込んで、流動床式ごみ焼却炉の疑似炉内乃至流動層（床）を形成した。この条件での試験を連続して120hr行い、試験後の試験片の、減肉速度から耐高温エロージョン性を、粒界腐食状況から耐高温コロージョン性を、またシャルピー試験から合金の靱性（脆化の程度）を評価した。この結果を表2に示す。

【0025】なお、減肉速度（μm/hr）は、試験片の表面スケールを除去した後、マイクロメーターで試験片の外径を測定し、試験前の試験片の外径との比較で減肉量を求めた上、この減肉量を試験時間で除して減肉速度を求めた。また、粒界腐食（JIS）は、前記表面スケールを除去した試験片の断面を光学顕微鏡で観察し、粒界腐食の深さを測定した。更に、シャルピー試験は、ごみ焼却炉ボイラ内（前記試験装置の炉内）の高温に合わせ、60℃におけるシャルピー吸収エネルギー（J）を求めた。

【0026】表1から明らかな通り、発明例No.10～12は、減肉速度が0.15μm/hr以下であり、耐高温エロージ

ョン性に優れていることが分かる。また、粒界腐食は10 μm以下であり、耐高温コロージョン性に優れていることが分かる。更に、シャルピー吸収エネルギーは14J以上であり、合金の脆化が少なく靱性に優れていることが分かる。この発明例の中でも、No.10などのように、他の発明例よりもC含有量が高い例ほど減肉速度が小さく耐高温エロージョン性に優れている。また、No.10などのように、他の発明例よりもCr/Cが高いほど粒界腐食の深さが小さく耐高温コロージョン性に優れている。更に、このNo.10はNiを含有しているため、シャルピー吸収エネルギーが高く、合金の脆化が少なく靱性に優れている。

【0027】これに対し、表2から明らかな通り、比較例No.1～12は、本発明高Cr合金組成範囲をはずれているため、耐高温エロージョン性、耐高温コロージョン性、合金の靱性のいずれか乃至いずれにおいても、発明例よりも劣っている。より具体的には、比較例No.1、11、12はC含有量が本発明範囲の上限乃至下限よりはずれている。比較例No.5はSi含有量が本発明範囲の上限をはずれている。比較例No.1、2、5、8、11、12はCr含有量が本発明範囲の上限乃至下限よりはずれている。また、比較例No.4、7、10は本発明で規制すべきMo、Wを実質量含んでいる。更に、比較例No.1、3、5、8～10、12はCr/Cが本発明範囲の上限乃至下限よりはずれている。これら比較例の中でも、特にCr/Cが高いNo.1、3はα脆化相が生成し、特にC含有量が高いNo.12は炭化物量が多くなりすぎ、各々特に靱性が著しく低くなっている。また、特にCr/Cが低いNo.5、8、10は、粒界のCr量が不足し、粒界腐食の深さが大きく、特に耐高温コロージョン性に劣っている。更に、特にC含有量が高いNo.1は炭化物量が少なすぎて、特に耐高温エロージョン性に劣っている。したがって、以上の結果から、本発明高Cr合金組成の、C、Si、Mn、Cr、Cr/CおよびNiの量的範囲規定の意義が明らかである。

【0028】本発明高Cr合金乃至高Cr合金部材は、このように耐高温エロージョン・コロージョン性に優れているので、特にごみ焼却炉ボイラ用、更には流動床式ごみ焼却炉ボイラ用の伝熱管等に好適に用いられる。実施例の結果からすると、例えば、流動床式ごみ焼却炉ボイラ用の伝熱管（鋼製伝熱管の外側に被覆）とした場合、比較例に比して、伝熱管の寿命を約1.5～3倍延ばすことが可能となる。したがって、この用途以外にも、類似の使用環境で、前記焼却炉ボイラと同様の耐高温エロージョン・コロージョン性が求められる、铸造金型、铸造や圧延ロール、プロダ、スクラップコンベヤ、クレーン、カッターやクレーン等、等の各種用途に、好適に用いられることが出来る。

【0029】

【表1】

略号	区分	合金の化学成分 (mass%)									
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	Fe	Co	Cr/C
1	比較例	0.34	1.52	1.10	33.2	—	—	—	残部	20	98
2	比較例	0.55	1.48	0.97	30.5	—	—	—	—	残部	56
3	比較例	0.50	1.05	0.99	49.8	—	—	—	—	残部	100
4	比較例	0.54	1.12	1.04	35.5	—	2.49	4.87	—	残部	66
5	比較例	1.05	5.01	1.01	29.8	—	—	—	—	残部	28
6	比較例	1.01	2.98	1.02	40.2	残部	—	—	—	—	40
7	比較例	0.99	1.51	1.10	39.5	—	1.48	2.89	—	残部	40
8	比較例	1.01	1.48	1.06	30.8	—	—	—	—	残部	30
9	比較例	1.50	1.50	0.98	51.3	24.8	—	—	—	残部	34
10	比較例	1.49	1.50	1.01	49.8	—	0.97	1.90	—	残部	33
11	比較例	1.52	1.48	1.04	69.5	—	—	—	—	残部	46
12	比較例	2.05	1.52	1.01	60.2	—	—	—	—	残部	29
13	発明例	0.52	1.12	1.02	35.1	10.5	—	—	—	残部	68
14	発明例	1.01	1.02	0.98	40.2	—	—	—	残部	10	40
15	発明例	0.98	1.03	1.03	39.8	—	—	—	—	残部	41
16	発明例	1.00	3.98	0.99	40.1	—	—	—	—	残部	40
17	発明例	1.01	1.46	1.04	55.2	5.2	0.05	0.05	—	残部	55
18	発明例	1.50	1.44	1.01	55.0	—	0.3	—	—	残部	37
19	発明例	0.99	1.01	0.98	40.0	—	—	0.3	残部	—	40

【 0 0 3 0 】

【 表 2 】

略号	区分	試験速度 ( $\mu\text{m/h}$ )	粒界腐食 ( $\mu\text{m}$ )	溶け 吸収 材料 (J)
1	比較例	0.35	50	5
2	比較例	0.33	120	15
3	比較例	0.24	30	3
4	比較例	0.30	80	9
5	比較例	0.33	220	15
6	比較例	0.32	200	17
7	比較例	0.29	160	14
8	比較例	0.28	240	15
9	比較例	0.21	190	14
10	比較例	0.25	230	13
11	比較例	0.27	70	10
12	比較例	0.19	180	8
13	発明例	0.19	30	20
14	発明例	0.18	150	17
15	発明例	0.16	140	17
16	発明例	0.15	190	17
17	発明例	0.12	70	16
18	発明例	0.10	120	14
19	発明例	0.20	170	15

## 【 0 0 3 1 】

【発明の効果】以上述べた通り、本発明に係る高Cr合金乃至高Cr合金部材によれば、使用温度が500℃以上の、より厳しい高温エロージョン乃至コロージョン環境下にあっても、優れた耐高温エロージョン・コロージョン性や靱性を発揮する。したがって、流動床式等のごみ焼却炉ボイラ伝熱管などの部材を、著しく高寿命化することが可能で、ごみ焼却炉ボイラを従来よりも一層効率化することができる等の優れた効果を奏する。

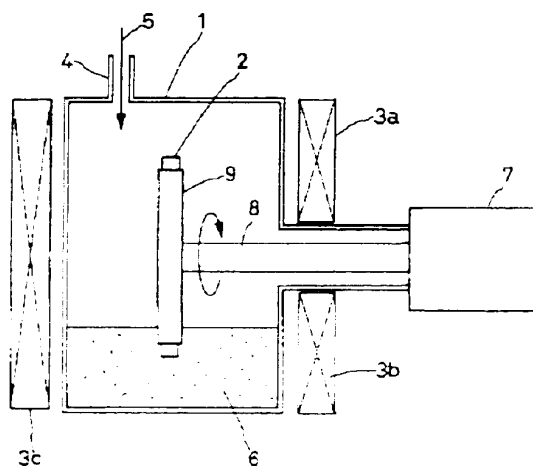
## 10 【図面の簡単な説明】

【図1】ごみ焼却炉ボイラの模擬環境下での、耐高温エロージョン・コロージョン性試験装置の概略を示す模式図である。

## 【符号の説明】

- 1: 炉  
2: 試験片  
3a、3b、3c: ヒータ  
4: 吹き込み口  
5: 模擬ガス  
6: けい砂  
7: モーター  
8: 回転軸  
9: 固定治具

【図1】



フロントページの続き

51 Int. Cl.

F02B 37/04

F02G 3/30

識別記号

序内整理番号

F 1

技術表示箇所

F02B 37/04

F02G 3/30